Lane Medical Library
STANFORD UNIVERSITY
MAR
24
1938
LIBRARY

Aus der Abteilung für Zahnersatzkunde
(Vorstand: Prof. Dr. Chr. Greve)
der Erlanger Univ.-Klinik für Mund-, Zahn- u. Kieferkrankheiten
(Direktor: Prof. Dr. Hauberrißer)

Mikroskopische Untersuchungen der Zahngewebe im polarisierten Licht

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexanders-Universität zu Erlangen

vorgelegt von

Hans Schutzbier
Zahnarzt aus Lixenried

Tag der mündlichen Prüfung: 2. März 1937

Buchdruckerei Max Döres, Erlangen, Rückertstraße 1
1937

1937/106

Referent: Univ.-Prof. Dr. Chr. Greve

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Fr. Jamin

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet!

Einleitung.

Obwohl in den letzten Jahren mehrfach Abhandlungen über die Untersuchung von Schmelz und Dentin im polarisierten Licht erschienen sind, ist dieses aufschlußreiche Gebiet in weiten Kreisen der Zahnheilkunde doch so viel wie unbekannt geblieben. Dies liegt u. E. hauptsächlich daran, daß es sich bei diesen Veröffentlichungen stets um herausgegriffene Teilergebnisse der Forschungen Weniger handelt, aus denen der Außenstehende in der Hauptsache nur entnehmen kann, daß es sich um äußerst schwierige Untersuchungen handeln müsse. Zugleich konnte er bisher aus den meisten Veröffentlichungen nicht erkennen, ob die praktischen Folgerungen aus den Ergebnissen Mühe und Zeit, welche die Untersuchungen fordern, überhaupt rechtfertigen.

Diesem Urteil kann nur abgeholfen werden durch eine Darstellung der Elemente der Untersuchung und ausblickende Würdigung des auf diesem Gebiete Erstrebten und Erreichten.

Allgemeiner Teil.

Als bekannt darf vorausgesetzt werden, daß die Erscheinungen der Doppelbrechung, denn um solche handelt es sich auch bei den Zahngeweben, zuerst an Kristallen gesehen und untersucht wurden. Aber auch der Tierkörper zeigt Bildungen, die Kristallnatur besitzen. Dies haben zuerst Malus (1810) und Brewster an den kalkigen Anteilen organischer Herkunft beobachtet.

Während dieser Anteil jedoch gering ist, finden wir im tierischen Organismus weit größere anisotrope Bestandteile, sog. „organisierte Substanzen", die physikalisch-chemisch zu den Kolloiden zu rechnen sind.

Im Vergleich zu den Kristallen fehlt ihnen anscheinend jeglicher Symmetriebau. Ihre Feinbauteilchen (ungef. das Gleiche wie Molekel) jedoch sind immerhin soweit ausgerichtet, daß wir gleichmäßige Doppelbrechung wie bei den Kristallen erhalten. Es handelt sich also um Substanzen, die physikalisch chemisch eine Mittelstellung zwischen amorpher Materie und Kristallen einnehmen.

Dies näher zu erläutern ist wichtig, um das Wesen und zugleich die praktischen Schwierigkeiten bei der Untersuchung von organischen Stoffen würdigen zu können.

Hatte man früher eine untrennbare Scheidewand zwischen Kristallen und Kolloiden gesehen, so ist dies durch die Forschungen Debyes und Scherrers, v. Weimarns und anderer gefallen. Man weiß heute, daß kolloide Lösungen („disperse Phase") sich aus Molekularkomplexen fast ausschließlich ultramikroskopischer Ausmaße zusammensetzen. Da nun in diesen Ultramikronen die Atome oft so wie im Kristall angeordnet sind, sind diese kristallin, und wir erhalten die Erscheinungen der Doppelbrechung. Dies ist, wie oben gesagt, bewiesen durch exakte Versuche bezw. eindeutige Folgerungen aus denselben (Weimarn, Scherrer u. a.).

Da nun die Substanzen des Tierkörpers zum größten Teil zu den Kolloiden zu rechnen sind, so erschiene auch das Protoplasma aus kristallinischen Feinbauteilchen zusammengesetzt,

die mit verschiedenen Dispersionsmitteln angefeuchtet sind (Weimarn). Aehnliche Gedanken hat zuerst vor allem C. Nägeli ausgesprochen.

Für die praktische Untersuchung ist nun weiterhin von Wichtigkeit und zeigt die Schwierigkeiten der Arbeit gegenüber der Untersuchung von Mineralien im polarisierten Licht der Umstand, daß die an sich vorhandene doppelbrechende Wirkung der einzelnen Ultramikronen infolge regelloser Lagerung gegenseitig aufgehoben werden kann. Sind andererseits die Ultramikronen gleichsinnig oder fast gleichsinnig ausgerichtet, so erhalten wir eine Summation der anisotropen Wirkungen, die wir im Polarisations-Mikroskop nachweisen können.

Aus welchen Ursachen heraus nun die Ultramikronen einmal gleichsinnig ausgerichtet sind, während sie im anderen Falle diesen Symmetriebau II. Ordnung, wenn wir so sagen dürfen, nicht zeigen, wissen wir nocht nicht genau und z. Zt. behaupten noch verschiedene Meinungen das Feld. Da dies für unsere praktischen Untersuchungen aber weniger von Bedeutung ist, sei hier auf die einschlägige Literatur, z. B. G. Weißenberger: Ueber die Strukturen in dispersen Systemen, Kolloidzeitschrift, Bd. 29 (1921) und V. v. Ebner: Untersuchungen über die Ursachen der Anisotropie organisierter Substanzen, Leipzig, verwiesen. Was gerade auch bei Zahnschliffen die Arbeit weiterhin erschwert, ersehen wir im spezielleren Teil.

Zum ersten Mal hat der Berner Physiologe G. Valentin eine „Untersuchung der Pflanzen- und Tiergewebe im polarisierten Licht“ (Leipzig 1861) zusammenfassend dargestellt. Seit dieser Zeit haben sich verhältnismäßig wenige Zoologen, Physiologen und Anatomen diesem Gebiet gewidmet. Eine große zusammenfassende Arbeit brachte seit Valentin nur der Bonner Zoologe W. J. Schmidt in seinem großartigen Werke „Die Bausteine des Tierkörpers im polarisierten Lichte“ (1924) heraus. In diesem Buche ist auch ein Abschnitt dem Zahnbein und dem Zahnschmelz gewidmet. In neuester Zeit haben über diese Gewebe von deutschen Forschern besonders W. J. Schmidt's Schüler A. Keil (Gießen) und Proell-Diener (Bonn) ausgezeichnete Arbeiten gefertigt. Von älteren Autoren seien hier nur v. Ebner, Eidmann, Hoppe, Gebhardt, Schaffer u. a. erwähnt. Ein Teil der Autoren, besonders wieder W. J. Schmidt, haben mittels polarisiertem Lichte auch vergleichende Untersuchungen an Zähnen verschiedener Tiergattungen durchgeführt.

Spezieller Teil.

Das zu unseren Untersuchungen notwendige Rüstzeug aus der Optik ist in jedem besseren Lehrbuch der Physik zu finden. Einige Kenntnisse darin sind unerläßlich; allzu tiefgehend brauchen sie aber nicht zu sein.

Die Präparate, in unserem Fall Zahngewebe, gewinnt man durch vorsichtiges Beschleifen und letzte Politur zwischen leicht angerauhten Glasplatten, wie sie allgemein in den Praxen Verwendung finden. Die Schnittdicke muß gleichmäßig sein, um das Auftreten irreführender Interferenzfarben zu vermeiden. Wichtig ist, die zu untersuchende Substanz in ein Medium möglichst gleichen Brechungsindexes zu betten.

Das notwendige polarisierte Licht und die Vergrößerung zugleich erhalten wir durch das Polarisationsmikroskop. Da ein solches oft nicht vorhanden, kann man sich aus jedem Mikroskop mit drehbarem Tisch durch Einfügen zweier Polarisationsprismen („Nicols") ein solches mühelos selbst herstellen. Die Polarisationsprismen bestehen aus einem Analysator und einem Polarisator. Ersterer wird dem Okular übergestülpt, letzteres unter dem Objekttisch bezw. unter dem Kondensor eingeschaltet.

Die Untersuchung jeden Objekts wird durch folgende Manipulationen eingeleitet:

1. Aufsuchen der Schwingungsebene und zwar mit dem Polarisator allein. Man bedient sich dabei eines gefärbten, doppelbrechenden Kristalls oder man nimmt, was Biologen leichter zur Hand sein wird, Kongorot. Parallel der Schwingungsebene des Polasisators ist dann der Streifen dunkelrot, um 90° gedreht blaßrot. Man dreht sich den Polarisator so, daß die Schwingungsebene von vorne nach hinten läuft.
2. Aufsetzen des Analysators. Man dreht wieder, aber diesmal bis zur völligen Auslöschung. Die Schwingungsebenen sind dann rechtwinklig zueinander gekreuzt.

Die richtige Einstellung zur Untersuchung ist also erfolgt, wenn

1. Die Schwingungsebene des Polarisators von vorne nach hinten und

2. Die Schwingungsebene des Analysators von rechts nach links verläuft.

Besser ist natürlich ein eigentliches Polarisationsmikroskop, das auch bei unseren Untersuchungen zur Verwendung kam. Viele Griffe werden dadurch erspart, und vor allem werden die astigmatischen Erscheinungen besser ausgeschaltet.

Was nun nach der angegebenen genauen Einstellung, die, wie eingangs erwähnt, bei sonstigen Veröffentlichungen, die der Zahnärzteschaft zugänglich sind, keine Erwähnung findet, dem Auge erscheint, sei hier nur gestreift erwähnt. Es würde in anderem Falle im Rahmen dieser Arbeit zu weit führen. Im übrigen vermögen die normalen Kenntnisse aus der speziellen Histologie in Verbindung mit den in zahnärztlichen Zeitschriften der letzten Jahre erschienenen Artikeln, besonders den darin wiedergegebenen Abbildungen sehr gut weiterzuführen. Da vor allem in Keils Arbeit (Dtsch. Z.-, M.- u. Kieferhlkde. 1935) ausgezeichnete Abbildungen erschienen sind, kann hier auf solche verzichtet werden; sie sind nicht zu übertreffen bei den mannigfaltigen technischen Schwierigkeiten, die hier zu bewältigen sind und vor allem — Abbildungen können gerade hier nie und nimmer wiedergeben, was das Polarisationsmikroskop hervorzuzaubern vermag — oft nur für Sekunden, besonders den Schmelz der Interferenz-Farben, worauf schon W. J. Schmidt hinwies.

Dem Zweck dieser Arbeit entsprechend, sei hier aber auf ein wichtiges, aktuelles Problem der Schmelz- und Zahnbeinforschung näher eingegangen.

Schon lange hat man sich darum bemüht, wie bei anderen Stoffen des tierischen und pflanzlichen Körpers, den chemischen Aufbau der menschlichen Zähne festzustellen. W.J.Schmidt sprach schon beim noch nicht erhärteten, in Ausbildung begriffenen Schmelz von Hydroxylapatit. Beim Dentin berichtet er darüber noch nichts. Hatte man zuerst beim Knochen sicher Apatitcharakter nachweisen können, so wurden auf Grund von Versuchen die Stimmen immer deutlicher, die solchen auch für Schmelz **und** Dentin beanspruchten.

Nun haben Kap und Kitschin die Ergebnisse der Untersuchungen mittels Polarisationsmikroskop mit denen im Röntgendiagramm verglichen. Dabei kamen sie zur Bestätigung des Apatitcharakters der anorganischen Bestandteile von Schmelz **und** Dentin.

Das Gleiche konnten auch wir mit dem Polarisationsmikroskop allein nachweisen.

Reinster Apatit ($[(PO_4)_3FCa_5.]$) hat sehr schwache negative Doppelbrechung und ist einachsig. Infolge dieser schwachen Doppelbrechung erhält man von den 6seitigen Querschnitten nur ein undeutliches Achsenbild. — Zugleich ist es wahrscheinlich, daß bei niedriger Temperatur die Doppelbrechung positiv wird, wie sich auch optisch normaler Apatit durch Druck zweiachsig machen ließ (H. Bücking, Groth's Ztschr. 7, 561), der Apatit also Zustandsänderungen erfahren kann. Dies ist in unserem Fall bei dem biologischen Geschehen der Zahnentwicklung und der Möglichkeit von Traumen sicher zu berücksichtigen. Davon abgesehen kommt reiner Apatit nur in den seltensten Fällen in der Natur vor. Optische Anomalien sind fast die Regel. Selbst der gesteinsbildende Apatit zeigt sehr oft anormale Doppelbrechung, und in vielen Fällen kann man ihn nur auf chemischem Wege sicher nachweisen gegenüber farblosen, schwach doppelbrechenden Körnern, die wohl zum Orthit gehören, aber auch gegenüber Zoisit und Vesuvian.

Ist es auf Grund dessen nicht verständlich, daß wir auch bei unrerem submikroskopischen Material mittels polarisationsmikroskopischer Untersuchung zwar den Apatitcharakter von Schmelz und Dentin nachweisen konnten, nicht aber diesen näher zu bestimmen vermochten, also zu sagen, daß es sich z. B. um Hydroxylapatit handet?

Die doppelbrechende Wirkung des Hydroxylapatits (= Dahllits, dessen Formel mit $3\,Ca_3(PO_4)_2.CaCO_3.H_2O$ angegeben wird, dessen chemische Natur aber noch nicht genügend geklärt ist) ist ebenfalls gering, aber größer als beim Apatit. Dies würde dafür sprechen, daß Hydroxylapatit eher im Schmelz als im Dentin vorkomme, denn dieser zeigt stärkere Doppelbrechung als letzteres. Die Härte des Hydroxylapatits ist gleich der des Apatits (5), oft etwas geringer. Dies spricht wiederum dagegen, wie auch der Umstand, daß im Knochen röntgenologisch Hydroxylapatit nachgewiesen werden konnte und Knochen und Dentin entwicklungsgeschichtlich verwandt sind, nicht aber Knochen und Schmelz. Aber auch hier gilt: Hydroxylapatit zeigt häufige Anomalien, weswegen es uns, wie oben gesagt, nicht möglich ist, auf Grund der polarisationsmikroskopischen Untersuchungen allein eindeutig zu sagen: Schmelz und Dentin oder eines von beiden enthält Hydroxylapatit.

Bei den Untersuchungen ist darauf zu achten, wenn die Fasern gekrümmt sind, diese genau zu verfolgen bis wir gerade Linien erhalten und diese zu untersuchen. Dabei finden wir meist negativ doppelbrechende Kristalle, die mit Rot I die

Additionsfarben und Subtraktionsfarben des Apatits geben und dessen Auslöschung gerade ist. Dabei haben wir eine außerordentlich niedere Lichtbrechung, die mit Apatit etwa 0,003 übereinstimmt. Dann und wann aber zeigten einwandfrei gerade Fasern unregelmäßige Auslösung. Diese können also nicht Apatit sein. Wir konnten in diesem Fall den genauen Charakter nicht bestimmen. Auszuschalten ist aber, an was man denken könnte, Kalkspat $CaCO_3$ (Aragonit u. a.). Dieser kommt nicht in Frage, denn er ist positiv und besitzt hohe Doppelbrechung. Eher kommen kieselsäurehaltige Kristalle wie Tridymit (Doppelbrechung 0,002) in Frage, was aber nur als Vermutung ausgesprochen sei. Sicher spielt hier die Frage der Lösungsgenossen mit eine Rolle.

Aber auch an Veränderungen auf Grund endogener Einflüsse, wie Stoffwechselstörungen, ist hier zu denken. Am besten wird diese Frage an Nagetierzähnen geklärt werden können, worauf Proell und Diener zuerst hinwiesen und worüber von diesen die erste Veröffentlichung bereits erschienen ist. Weitere werden folgen mit Hilfe von Tierexperimenten, ohne die hier letzte Aufklärung nicht möglich ist. Sie wird sicher das Kariesproblem, das seit den Verhandlungen über „Aetiologie und Behandlung der Karies" auf dem Internationalen Kongreß in Wien 1936 und der 73. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- u. Kieferheilkunde in Dresden (1936) energisch angegangen worden ist, außerordentlich befruchten. Und hier liegt die große praktische Bedeutung der Untersuchungen von Zahnsubstanz im polarisierten Licht. Denn hiermit kann jeder arbeiten, während Röntgenspektographie, Röntgenspektroanalyse und Elektronenbeugung, welche zwar Strukturen bis zu einer Größenordnung von 10^{-8} deuten (im Polarisationsmikroskop bis zu 10^{-5}) nur großen Instituten vorbehalten sind. Inzwischen haben auch, nachdem Groß (Greifswald) röntgenologisch die Apatitähnlichkeit der Zahnsubstanz nachgewiesen, Frömel und Möller auf den Arbeiten von Groß weiterbauend im Röntgendiagramm den Beweis bringen können, daß im Dentin Hydroxylapatit enthalten ist, was als Sekundärform des Apatits anzusehen ist.

Als diese Arbeit bereits abgeschlossen war, erschienen die Untersuchungen von A. Keil in der D. Z. M. u. K. Bd. IV Nr. 1: „Der menschliche Zahnschmelz im kariösen Zustand". Da ich mich nur mit dem normalen Gewebe befaßt habe, sei auf diese Arbeit hier nur hingewiesen. Sie bedeutet einen Anfang auf diesem Forschungsgebiet.

Zusammenfassung.

1. Es wird das Wesen der Doppelbrechung tierischer Substanzen im allgemeinen und die Untersuchung von Dentin und Schmelz mittels Polarisationsmikroskop im speziellen erklärt.

2. Es wird bestätigt der Apatitcharakter von Schmelz **und** Dentin.

3. Das Polarisationsmikroskop ermöglicht jedem Studierenden und Praktiker am besten die Einsicht in Histologie und Histogenese der Zahnsubstanzen.

4. Das Polarisationsmikroskop ist als wertvolles Hilfsmittel bei der Klärung des Kariesproblems anzusehen.

Am Schlusse meiner Arbeit darf ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Univ.-Prof. Dr. H. Chr. Greve für die freundliche Ueberlassung des Themas, für die vielseitige Unterstützung bei der Abfassung der Arbeit und Herrn Univ.-Prof. Dr. Christa für die ebenso freundliche Einführung in das Wesen der Polarisationsmikroskopie meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Schrifttum.

Ambronn: Anleitung zur Benutzung des Polarisationsmikroskops bei histologischen Untersuchungen. Leipzig 1892.

Andresen: Schmelz und Apatitstruktur. D.Z.W. 27, 8, 125.

Bücking: in Groth's Zeitschrift 7, 561.

Diener: Einfluß von Skorbut auf die Mineralisation der harten Zahnsubstanzen. D.Z.W. 1934, 32.

Ebner, v.: Untersuchungen über das Verhalten des Knochengewebes im polarisierten Licht (1875) Hgg. v. Scheff: Handbuch der Zahnheilkunde. I. Bd. (1922).

Groß: Die kristalline Struktur v. Dentin u. Zahnschmelz. Berl. 1926.

— in Schweiz. Mschr. f. Zhlkde. 1936, 7.

Keil: Der menschliche Zahnschmelz im kariösen Zustand, Vortrag a. d. 73. Tagg. der Deutschen Gesellsch. f. Z.-, M.- u. Kfhlkde. 1936 (D.Z.W. 36, 44, 1056) Autoreferat.

— Ueber den Feinbau der harten Zahnsubstanzen nach Untersuchungen im pol. Licht (D.Z.W. u. Khlkd. 1935) Bd. 2.

— Ueber Doppelbrechung und Feinbau des menschlichen Zahnbeins. Z. Zellforschg. 1934, 21.

— Ueber den Wandel der Doppelbrechung des Zahnschmelzes bei Enthaltungen, Wärmeeinwirkungen und Karies. Z. Zellforschg. 35, 22.

Meyer: Mikropathographie allerfeinst. Strukturen des Schmelzes im ultravioletten Lichte (D. Z.-, M.-, Kfhlkde 35, 1).

Proel und Diener: Neuere Untersuchungen über Zahnhartsubstanzen. D.Z.W. 35, 50, 1192.

— Ueber den Feinbau gesunder und kranker Zähne. Z. f. Zellforschg. u. mikr. Anatomie 19, 4, 1933.

Proell: Studien über die harten Zahnsubstanzen. Berlin 1926.

Richter: Härteprüfung an Schmelz u. Dentin. Z. f. Stom. 1931, 5.

Rosenbusch-Wülfing: Mikroskopische Physiographie Bd. I, 2. Hälfte, Spez. Teil v. Otto Mugge. Stuttgart 1927.

Siegmund: Aktuelle Fragen der allgemeinen Pathologie in ihrer Beziehung zur Zahnheilkunde. Zentralbl. für die ges. Z.-, M.- u. Kfhlkde. 1936, 1, 2.

Schmidt, W. J.: Die Bausteine des Tierkörpers im polarisierten Lichte. Bonn 1924.

— Polarisationsoptische Analyse des submikroskopischen Baues von Zellen und Geweben, in Handb. d. biolog. Arbeitsmethoden v. Abderhalden. Abt. V, 10. Teil 1934.

Trömel und Möller: Röntgenfotographische Untersuchungen über den Feinbau der anorg. Zahnsubstz. Naturwiss. 21, H. 12, 1933.

Weinschenk: Das Polarisationsmikroskop. Freiburg 1919.

— Tabellen zu E. Weinschenk: Die gesteinsbildenden Mineralien, Freiburg 1901.

— Die gesteinbildenden Mineralien Freiburg 1901.

Lebenslauf.

Am 24. Januar 1912 wurde ich, Hans Schutzbier, zu Lixenried als Sohn des damaligen kgl. Försters Xaver Schutzbier und seiner Ehefrau Else, geb. Murrer, geboren. An der alten Oberrealschule Nürnberg bestand ich im Frühjahr 1931 die Reifeprüfung. Nach 8 Semestern Studium der Zahnheilkunde in München und Erlangen beendete ich in letzterem am 2. Mai 1936 das Staatsexamen.